

B, 11

JP 2004-265878 A 2004.9.24

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-265878

(P2004-265878A)

(43) 公開日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int. Cl.⁷

H01M 8/04

H01M 8/10

F I

H01M 8/04

H01M 8/04

H01M 8/04

H01M 8/04

H01M 8/10

テーマコード (参考)

5H026

5H027

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-153084 (P2004-153084)

(22) 出願日 平成16年5月24日(2004.5.24)

(62) 分割の表示 特願2000-504622 (P2000-504622)
の分割

原出願日 平成10年5月22日(1998.5.22)

(31) 優先権主張番号 08/900, 822

(32) 優先日 平成9年7月25日(1997.7.25)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500305302

エンブライズ テクノロジー アソシエイ
ツ コーポレーション

アメリカ合衆国 30067-8944

ジョージア州 マリエッタ フランクリン
コート 825-エイチ

(74) 代理人 100079049

弁理士 中島 淳

(74) 代理人 100084995

弁理士 加藤 和詳

(74) 代理人 100085279

弁理士 西元 勝一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池ガス管理システム

(57) 【要約】

【課題】 関連する構成部分の重量とコストを最小にする。

【解決手段】 排出流(16)からの顕熱と潜熱を燃料電池(26)の陰極流入流(14)へ伝達する陰極増湿システム(30)、および陽極流入流(18)の全エンタルピーに等しい燃料電池から出る陽極流(20)の全エンタルピーを維持する陽極保湿システム(80)、およびろう付け熱交換装置により相互接続される隔離された脱イオン水ループと冷却水ループを有する冷却水管理システム(130)を備える燃料電池ガス管理システム(10)。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池へ供給される反応体の流れを調整するシステムであって、

(a) 燃料電池から反応体の排出流を収集する排出流収集手段と、

(b) 反応体の入口流を燃料電池へ供給する供給手段と、

(c) 排出流と入口流の高ポテンシャル流から顕熱と潜熱を収集し、ついで顕熱と潜熱を排出流と入口流の低ポテンシャル流へ伝達するエンタルピーホイールと、から構成されるシステム。

【請求項 2】

前記エンタルピーホイールは、排出流収集手段に隣接する排出ゾーンと、供給手段に隣接する供給ゾーンとを通して回転速度で回転するようになっている、請求項 1 のシステム。

【請求項 3】

燃料電池は陽子交換膜燃料電池であり、また反応体は、酸化剤として燃料電池の陰極へ供給される空気から成る、請求項 1 のシステム。

【請求項 4】

酸化剤入口と酸化剤出口を有する燃料電池へ酸化剤として供給される空気を調整する方法であって、

(a) エンタルピーホイールを使用して酸化剤出口から水分を収集する段階と、

(b) エンタルピーホイールから収集された水分の少なくとも一部を酸化剤入口へ移送する段階と、から構成される方法。

【請求項 5】

反応体入口流と反応体排出流を有する燃料電池へ供給される反応体の流れを調整するシステムであって、

(a) 燃料電池から余分の反応体を収集する再循環ループと、

(b) 収集された余分な反応体を外部源からの反応体の供給と混合して反応体混合物を生成する混合手段と、

(c) 前記再循環ループを通して反応体を循環し、かつ反応体混合物を燃料電池に導入する手段と、

(d) 燃料電池に導入される反応体の全エンタルピーに関して反応体排出流における反応体の全エンタルピーを制御する制御手段と、から構成されるシステム。

【請求項 6】

燃料電池への水素の流れにおける水分を保持する方法であって、

(a) 燃料電池から排出される余分な水素を収集する段階と、

(b) 外部源からの新しい水素の第 1 の量を燃料電池から収集された余分な水素から取られた水素の第 2 の量と混合して水素の混合物を生成する段階と、

(c) 水素の第 1 と第 2 の量を制御して、燃料電池から排出された水素の全エンタルピーに関して混合物の全エンタルピーを制御する段階と、

(d) 混合物を燃料電池に導入する段階と、

から構成される方法。

【請求項 7】

燃料電池を冷却する冷却剤システムであって、

(a) 第 1 の冷却剤を採用する前記燃料電池と連通する第 1 の閉じた冷却剤ループと、

(b) 前記第 1 の閉じた冷却剤ループから隔離される、第 2 の冷却剤を採用する第 2 の閉じた冷却剤ループと、

(c) 前記第 1 の冷却剤ループと前記第 2 の冷却剤ループと前記燃料電池との間で熱を伝達する熱交換装置と、

(d) 前記第 2 の冷却剤ループから熱を放出する放熱装置と、

10

20

30

40

50

から構成される冷却剤システム。

【請求項 8】

燃料電池へ供給される反応体の流れを調整するシステムであって、

(a) 燃料電池から反応体の排出流を収集する排出流収集手段と、

(b) 反応体の入口流を燃料電池へ供給する供給手段と、

(c) 排出流と入口流の高ポテンシャル流から顕熱と潜熱を収集し、その潜熱は水蒸気を凝縮することなく高ポテンシャル流から収集された水蒸気の形態であり、ついで顕熱と潜熱を排出流と入口流の低ポテンシャル流へ伝達するエンタルピー伝達手段であって、その潜熱は、高ポテンシャル流から収集された水を低ポテンシャル流へ移送することにより低ポテンシャル流へ伝達される、エンタルピー伝達手段と、

から構成されるシステム。

【請求項 9】

燃料電池へ供給される反応体の流れを調整する方法であって、

(a) 燃料電池から反応体の排出流を収集する段階と、

(b) 反応体の入口流を燃料電池へ供給する段階と、

(c) 排出流と入口流の高ポテンシャル流から顕熱と潜熱を収集し、その潜熱は水蒸気を凝縮することなく高ポテンシャル流から収集された水蒸気の形態であり、ついで顕熱と潜熱を排出流と入口流の低ポテンシャル流へ伝達する段階であって、その潜熱は、高ポテンシャル流から収集された水を低ポテンシャル流へ移送することにより低ポテンシャル流へ伝達される、段階と、

から構成される方法。

【請求項 10】

反応体入口流と反応体排出流を有する燃料電池へ供給される反応体の流れを調整するシステムであって、

(a) 反応体排出流から余分な反応体を収集する再循環ループと、

(b) 収集された余分な反応体を外部源からの反応体の供給と混合して反応体混合物を生成する第 1 のエダクターと、

(c) 反応体混合物を燃料電池に導入する手段と、

から構成されるシステム。

【請求項 11】

駆動流体の流れを受容して、燃料電池の作動開始中に余分な反応体の供給量を循環する第 2 のエダクターをさらに備える、請求項 10 のシステム。

【請求項 12】

燃料電池への反応体の流れにおける水分を保持する方法であって、

(a) 燃料電池から排出される余分な反応体を収集する段階と、

(b) 外部源からの新しい反応体の第 1 の量を燃料電池から収集された余分な反応体から取られた反応体の第 2 の量と混合して新しい余分な反応体の混合物を生成することにより、水分を燃料電池へ戻すように余分な反応体を利用する段階と、

(c) 反応体混合物を燃料電池に導入する段階と、

から構成される方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は一般に、燃料電池の作動に関連する種々の流体流を管理かつ制御する方法と装置に関する。本発明は特に、燃料電池の陰極に供給される空気または他の酸化剤の温度と湿度を調整するサブシステム、陽極燃料水分保持用サブシステムおよび冷却水循環用サブシステムを備える燃料電池ガス管理システムに関する。

【0002】

燃料電池は、電池自体の電極または電解液を変えことなく化学反応によって電気エネルギーを発生する。燃料電池の利用は、白金電極を使用して水の電気分解を逆に進ませら

10

20

30

40

50

れるのをグローブが実証した1939年には早くも知られている。燃料電池分野における別の開発は、陽子交換膜（PEM）燃料電池、磷酸燃料電池、アルカリ燃料電池、および改質技術を組み込んでガソリンなどの炭化水素を分解して燃料電池へ供給する水素を得るようにした燃料電池の開発を含んでいる。

【0003】

燃料電池は多くの分野に用途がある。特に興味のある1つの分野は、電気自動車における燃料電池技術の適用である。自動車用途において重量とスペースが重要であるので、燃料電池とその支援システムは、できるだけ小形かつ軽量でなければならない。さらに自動車用途が、温度、湿度などが幅広くかつ急激に変動する作動状態に装置をさせるので、そのような用途に利用される装置は、種々の状態に耐え、かつ種々の状態で作動できなければならない。自動車用途に利用される装置は、路上使用により生じる振動と応力にも耐えるように十分に強固でなければならない。

10

【0004】

一般に燃料電池は、反応体ガスを燃料電池の陽極と陰極へ送出する2つの独立したガス流回路を必要とする。PEM燃料電池においてこれらのガス流回路は、一般に水素である燃料を燃料電池へ送る陽極回路、および標準的には周囲からの空気である酸化剤を燃料電池へ送る陰極回路を備える。燃料電池の適切な作動状態を維持するために、陽極と陰極の回路の温度と湿度を精確に制御し、電解液の乾燥または燃料電池の損傷を防止して、燃料電池からの電気の流出を止めなければならない。

【0005】

燃料電池のガス流回路を調整する幾つかのシステムが提案されている。例えばDankeseへ付与された米国特許第3,516,867号は、燃料電池のガスシステムを調整する除湿装置と加湿装置を備える燃料電池システムを開示している。このシステムの加湿部分により仕切りを通して水分の移送が行われる。この形式の加湿システムは、必要量の水をガス流へ移送するために大きい表面積が必要であるという主な理由のために、かつそのような大型システムの好ましくない重量の理由のために、自動車用途では効果的でないことが判明している。加えて大量の熱エネルギーが、この形式の加湿システムにおける水分の蒸発に消費されるので、システムの効率が減少する。

20

【0006】

Richmanへ付与された米国特許第3,669,751号には、燃料電池、水素発生装置および熱交換システムが開示され、そこにおいて燃料電池へ供給される反応体空気は、湿潤電極と蒸発接触するので、加湿される。Richmanのシステムは、Dankeseのシステムと同様な欠点を有する。すなわち水分を移送するために大きな表面積を必要とすること、したがってシステム構成部分が重くなること、および水分を蒸発する際にかなりのエネルギーが消費されることである。

30

【0007】

陰極加湿に加えて、燃料電池内の電解液の乾燥を防止するために、既存の燃料電池技術は、燃料電池陽極への水素燃料入力流の加湿を必要とする。この陽極加湿は、燃料電池のガス管理システムへ別の構成部分を付加するのを必要とするので、重量とコストの好ましくない増加をもたらす。さらに膜加湿装置のような既知の加湿システム、または湿潤された球体の床を通る空気流を利用するシステムは、水を蒸発して所要の加湿を達成するためかなりのエネルギーを消費する。したがって陽極加湿の既知の方法は自動車用途に適切でないことが判明している。

40

【0008】

かくして燃料電池の陰極入口への酸化剤流を調整する軽量で有効な手段の必要性が依然存在することが分かる。

【0009】

関連する構成部分の重量とコストを最小にする、燃料電池への陽極入口を調整する方法と装置の必要性がさらに存在する。

【0010】

50

本発明が主に指向するものは、これらの必要性和他の必要性に合致する燃料電池ガス管理の方法と装置を提供することである。

【0011】

好ましい形態で簡単に説明された本発明は、陰極加湿システム、陽極保湿システムおよび冷却水処理システムを備える燃料電池ガス管理システムから構成される。本発明は、既知の燃料電池ガス管理のシステムと手法に比べて大幅に重量と複雑性を減少するので、自動車用途に極めて適している。

【0012】

本発明の陰極加湿システムは、燃料電池の酸化剤として使用するために燃料電池の陰極へ流入する空気を加圧する圧縮手段、および加圧された酸化剤を調整する、エンタルピーホイールのような顕熱と潜熱伝達装置から構成されるのが好ましい。陰極加湿システムは、空気流をエンタルピーホイールに導入する前に急冷水を空気流に導入することにより、空気の乾球温度を制御する断熱急冷手段をさらに備えることができる。エンタルピーホイールは、燃料電池陰極排出流から顕熱と潜熱を除去して陰極入口流を加熱および加湿することにより作動する。陰極排出流から収集された水蒸気は、エンタルピーホイールに決して凝縮することなく、むしろエンタルピーホイール内に蒸気として捕捉されるので、陰極排出流から除去された水分をエンタルピーホイールにより陰極入口へ移送する際にエネルギー（蒸発熱の形態での）を供給する必要がない。

10

【0013】

本発明の断熱急冷手段は、陰極排出流から液体を収集する手段、収集された液体を陰極入口への導入箇所へ移送する移送手段、および収集された液体を酸化剤流に導入する手段から構成されるのが好ましい。好ましい形態において導入手段は、液体を細滴のミストの状態で酸化剤流に分散する超音波ノズルを備える。

20

【0014】

陰極入口における急冷速度により入口空気流の乾球温度が制御され、一方エンタルピーホイールの速度により湿球温度かくして陰極入口の相対湿度が制御される。エンタルピーホイールの回転速度を変化させることにより陰極入口へ移送される水分の量を変更できる。陰極入口状態を監視するために温度、圧力および相対湿度のセンサが設けられるのが好ましく、またそれらのセンサは、コンピュータ化された制御システムを通して断熱急冷速度とエンタルピーホイールの回転速度のフィードバック制御を実施する。

30

【0015】

本発明の改良点として、エンタルピーホイールの開口部のサイズは、陰極入口空気流の窒素と他の成分を選択的に濾過するように選択できるので、入口空気流における酸素の分圧が増加して燃料電池の効率が向上する。代わりに、陰極入口流および/または排出流から種々の成分を選択的に濾過する開口部サイズを有する2つ以上の多孔ホイールを直列に設けることができる。

【0016】

本発明の陽極保湿システムは、陽極排出流を陽極出口へ再循環する1つ以上のエダクターまたは他の手段を備えるのが好ましい。陽極排出流を貯留タンクからの供給水素と混合することにより、タンクからの低温で乾燥した水素が、燃料電池からのほぼ等しい量の湿潤排出水素により加湿される。燃料電池作動状態は、陽極入口流に対して水素が過剰になるように（約2.0の化学量論比が好ましい）、および陽極入口水素流の温度を制御するように調節される。このようにして陽極排出流の全エンタルピーは入口全エンタルピーにほぼ等しいように制御されるので、実質上、燃料電池を通して陽極水分を陽極入口流へ戻すのに余分な水素が利用され、かつ水分が燃料電池内の陽極流に凝縮するのが防止される。このようにして陽極加湿装置およびその付属装置の必要性が無くなるので、重量、コストおよび占有スペースが減少し、さらに燃料電池で生じた余分な水を処分する必要性が無くなる。陽極ガス管理サブシステムは、電池の膜が破裂する可能性を最小にするために陽極圧力を陰極圧力にまたはそれ近くに維持するようにも機能する。

40

【0017】

50

「スタック」と呼ばれることがある燃料電池は、スタックを通して脱イオン水を循環して冷却される。脱イオン水は侵食的な腐食剤であるので、この脱イオン水を取り扱う際にステンレス鋼の配管と装置を利用しなければならない。ステンレス鋼が不十分な熱伝導体であり、かつ重く高価であるので、水と空気との熱伝達を実施するステンレス放熱装置の使用は、特に自動車用途において好ましくないことが判明している。したがって本発明は、閉じた脱イオン水回路から通常のエチレングリコールと水の冷却流へのスタック熱の水-水間の伝達を実施するステンレスろう付けプレート熱交換装置を利用する。ついでグリコール/水流から水-空気間の熱伝達をするために、標準で市販の自動車放熱装置システムを利用できる。このようにして脱イオン水からの熱は、ステンレス放熱装置によるステンレス鋼-空気間の熱交換を通して得られるものよりも非常に高い熱伝達率で、ろう付けプレート熱交換装置の薄いステンレスプレートを通して水-水間の対流により伝達される。本発明のこの態様により、一層有効で、軽量かつ安価なアルミニウム製の水-空気間の自動車用放熱装置を使用でき、また必要とされる脱イオン水の量が最小となる。一層有効なアルミニウム製放熱装置の使用により、熱伝達に必要な表面積が減少するので、放熱装置に伴う空力抵抗が最小となる。

10

【0018】

したがって本発明の目的は、コンパクトで軽量かつ安価である、燃料電池の反応体流を調整するガス管理システムを提供することにある。

【0019】

本発明の他の目的は、陰極空気加湿、陽極水素保湿、および燃料電池用の冷却水処理を可能にする燃料電池ガス管理システムを提供することにある。

20

【0020】

本発明の別の目的は、燃料電池の陰極排出流から陰極入口流へ顕熱と潜熱を伝達する方法と装置を提供することにある。

【0021】

本発明の別の目的は、燃料電池の陽極入口へ供給される水素燃料流内に水分を保持する方法と装置を提供することにある。

【0022】

本発明のさらに他の目的は、燃料電池用の脱イオンされた冷却水を処理する方法と装置を提供することであり、その方法と装置により、必要とされる脱イオン水の量が最小になり、かつ冷却システムの全重量、表面積および空力抵抗が最小となる。

30

【0023】

本発明のこれらと他の目的、特徴および利点は、添付図面と連係して下記の明細書を読めば一層明らかになる。

【0024】

同様な参照数字が全体を通して同様な部分を表す図面をここで詳細に参照すると第1図は、好ましい形態に従う本発明の燃料電池ガス管理システム10を示す。ガス管理システム10は一般に、陰極加湿システム30、陽極保湿システム80および冷却水処理システム130から構成され、全てが燃料電池12へ接続される。燃料電池12は一般に、陰極入口14、陰極排出口16、陽極入口18、陽極排出口20、冷却水入口22および冷却水排出口24から構成される。燃料電池12により発生する電気は、導体26により負荷（図示されない）へ伝導される。燃料電池12は電力を種々の用途に供給するのに使用できる。例えば燃料電池12は、電気自動車の電池を充電するのに使用できるか、または商業用や家庭用の電気サービスの電源として使用できる。

40

【0025】

燃料電池12は、既知の方法に従って作動し、また多くの既知の燃料電池変形態様のいずれのものでもよい。この説明される実施例において燃料電池は、陽子交換膜（PEM）として説明される。しかしながら本発明は、そのように限定されないで、他の形式の燃料電池の反応体流にも適用できる。標準的な陽子交換膜燃料電池において、水素は燃料として使用するために燃料電池の陽極入口18へ供給され、また空気は燃料電池の酸化剤とし

50

て使用するために燃料電池 1 2 の陰極入口 1 4 へ供給される。燃料電池すなわちスタック内で酸化剤と燃料は反応して、水と電力を発生する。燃料電池内の触媒膜間に維持される電解溶液は、電子の流れを燃料電池を通して導体 2 6 へ伝導する。電解溶液は伝導率を維持するために湿潤状態に維持しなければならない。燃料と酸化剤はスタック内の交互層を通過する。それらの層は、燃料と酸化剤との間の反応を促進する触媒膜により分離される。

陰極加湿システム

燃料電池 1 2 は高温で最も良く作動するので、陰極空気流が燃料電池内の電解液を乾燥させるのを防止するために、陰極入口 1 4 へ供給される酸化剤空気を加熱および加湿するのが望ましいことが判明している。本発明の陰極加湿システム 3 0 は、第 2 図と第 4 図により詳細に示される。

10

【0026】

周囲空気は、市販の自動車用エアフィルタのような濾過手段 3 2 を通して加圧手段 3 4 中に吸引される。加圧手段 3 4 はモータ駆動圧縮機であるのが好ましく、また流入空気をほぼ 2 気圧まで圧縮するのが好ましい。加圧手段 3 4 は周囲圧力よりも高い圧力の範囲に流入空気を加圧できることは、技術に通常の技量を有する者にとり分かる。スエーデンの N a c k a の O p c o n A u t o r o t o r A B により製造される二輪車過給機のような電動式ツインスクルー圧縮機は、加圧手段 3 4 として受け入れできる性能を有することが判明している。

【0027】

20

加圧手段 3 4 から出る空気は通常高い乾球温度を有する。燃料電池 1 2 の好ましい作動状態は、陰極入口 1 4 へ供給される流入空気が 7 0 °C の露点および 7 5 °C の乾球温度であることを必要とする。かくして水分を流入空気流に導入し、かつその乾球温度を減少する必要がある。本発明は、乾球温度を減少し、かつ慎重に制御された断熱急冷手段 3 6 を使用して陰極流入空気流の加湿を僅かな程度開始する。断熱急冷手段 3 6 には超音波ノズル 3 8 が備えられるのが好ましく、そのノズルは、急冷水計量ポンプ 4 2 により送られる陰極水貯留タンク 4 0 からの急冷水の細かいミストを加圧された空気へ供給する。急冷水の蒸発に消費される蒸発熱により、空気の乾球温度が減少する。計量ポンプ 4 2 を制御することにより、空気流へ供給される急冷水の流量、したがって乾球冷却水の量が制御される。陰極排出口 1 6 から収集された液体水は、急冷段階で使用するために貯留タンク 4 0 に収集される。

30

【0028】

急冷段階後に冷却された圧縮空気は、陰極排出流からの顕熱と潜熱を陰極入口流へ伝達するエンタルピー伝達手段 4 4 へ導入される。好ましい形態においてエンタルピー伝達手段 4 4 は、脱イオン水による腐食に対して耐性があり、かつ水選択性分子篩乾燥剤またはゼオライトで被覆されるアクリル繊維または他の材料から成る回転自在に駆動されるエンタルピーホイール 4 6 を備える。そのホイールの質量は顕熱を伝達し、一方乾燥剤は、水蒸気分子を捕捉し伝達し、かくして潜熱を伝達する。L a R o c h e a i r s y s t e m I n c により製造される合成繊維を利用したエネルギー保存ホイールは、受け入れできる熱伝達性能を有し、かつ脱イオン水による腐食に耐えることが判明している。

40

【0029】

エンタルピーホイール 4 6 を駆動する可変速電気モータ 4 8 が設けられるのが好ましい。陰極排出口 1 6 からの飽和された排出空気が、エンタルピーホイール 4 6 の第 1 の側面を通して送られ、そこにおいて顕熱と潜熱は、排出空気がその側面を通過するときにエンタルピーホイールにより吸収される。エンタルピーホイールが回転すると顕熱と潜熱は、陰極入口 1 4 へ供給されている供給空気流中に放出される。エンタルピーホイール 4 6 の回転速度を制御することにより、熱伝達率、かくして相対湿度（および湿球温度）が制御される。

【0030】

相対湿度センサ 5 0、温度センサ 5 2 および圧力センサ 5 4 のような、エンタルピー伝

50

達手段 4 4 から燃料電池陰極入口 1 4 に送出される空気の状態を監視するセンサを設けるのが好ましい。図示されないコンピュータフィードバック手段により、陰極入口空気流の乾球温度と相対湿度を、急冷流量および/またはエンタルピーホイール 4 6 の回転速度を選択的に調整して制御できる。

【0031】

陰極空気流の作動圧力を維持する絞り弁またはオリフィス取り付け具 5 6 を、エンタルピー伝達手段 4 4 の後の陰極排出導管に設けるのが好ましい。スタック内に凝縮された全ての液体水は、急冷ポンプにより使用できるように、かつ陽極を周期的に手動または自動に補給できるように、収集されて陰極水貯留タンク 4 0 に排水される。

【0032】

エンタルピーホイールは好ましいエンタルピー伝達手段であるが、代替りのエンタルピー伝達手段も利用できる。例えば、燃料電池排出空気がゼオライトを加熱し加湿する充電モードと、ゼオライトの床または塔に捕捉された熱と水分が陰極供給空気中に放出される放電モードとの間で交互に変わるように、ゼオライトの 2 つ以上の床または塔を、連続し順次に設けられる弁系統により作動することができる。しかしながらエンタルピーホイールの使用は、非常に良好な性能を示し、かつスペースと重量の要件を最小にすることが判明している。

【0033】

エンタルピーホイール 4 6 のゼオライトの細孔サイズは、入口または排出の空気流から 1 つ以上の成分を選択的に捕捉または濾過するように選定できる。代わりに別の分子篩ホイールを空気流中に設置して選択的に濾過をするようにできる。このようにして例えば入口空気流から窒素を選択的に濾過することにより、入口空気流中の酸素の分圧を増加できるので、燃料電池の一層有効な作動ができる。

【0034】

エンタルピーホイール 4 6、陰極水貯留タンク 4 0、計量ポンプ 4 2 および超音波ノズル 3 8 を備える陰極加湿システム構成部分を、本発明の好ましい形態に従って、物理的に組み合わせて、第 5 図に詳細に示されるようにコンパクトな陰極加湿装置 6 0 を形成できる。詳細に示されるようにエンタルピーホイール 4 6 は、水貯留タンク 4 0 の真上に水平に取り付けられる。燃料電池排出流は、排出流入口マニホールド 6 2 において陰極加湿装置 6 0 に入り、ついで排出流出口マニホールド 6 4 において陰極加湿装置から出る。飽和された排出空気はエンタルピーホイール 4 6 を通して上方へ通過し、また凝縮された液体はエンタルピーホイール 4 6 の下側に収集されて急冷ポンプにより使用される。エンタルピーホイールと加湿装置 6 0 のハウジング 7 0 との間にラビリンスシール 6 8 を設けることができる。ギヤー付きモータ 4 8 は、陰極加湿装置の上端に取り付けられ、駆動軸 6 6 を通してエンタルピーホイール 4 6 へ接続される。

陽極保湿システム

第 3 図は、好ましい形態に従う本発明の陽極保湿システム 8 0 を概略示す。PEM 燃料電池において燃料として使用される水素ガスは、タンク 8 2 のような 1 つ以上の高圧貯蔵手段に貯蔵されるのが好ましい。高圧電磁式作動減圧弁 8 4 のような調節手段が、タンク 8 2 から供給された水素の圧力を使用可能なレベルまで減圧する。タンク 8 4 から燃料電池への水素入口流量を調節するコンピュータ制御式デジタル調節弁 8 5 が設けられるのが好ましい。

【0035】

燃料電池 1 2 へ供給される水素を有効に利用するために、燃料電池 1 2 の陽極排出口 2 0 から排出される余分な水素を燃料電池の陽極入口へ戻すように再循環するのが望ましいことが判明している。しかしながら水素の小さい分子サイズのために、回転軸とメカニカルシールを有する標準圧縮機またはポンプにより封じ込めまたはポンプ送液するのが難しい。したがって好ましい形態において本発明は、1 つ以上のエダクターを利用して陽極ループを通して水素を再循環する。これらのエダクターは、先細-末広ノズルと噴射部分を組み込み、ノズルの収縮箇所隣接して高速流を噴射して、循環される水素に流れを引き

10

20

30

40

50

起こす。貯蔵タンクからの高圧水素を噴射することにより駆動される第1のまたは「作動」エダクター86は、燃料電池が標準作動モードで作動しているときに水素を再循環するように機能する。ポンプではなくエダクターの使用により、スパークを生成し、爆発を生じる恐れがある水素ループ内の可動部分が無くなる。

【0036】

しかしながら水素を再循環するに足る駆動力を提供するために作動エダクター86は、貯蔵タンクから十分な流量の高圧水素を受容する必要がある。通常の作動状態において燃料電池は、作動エダクター86が陽極ループを通して水素燃料を循環できるに足る水素量を消費する。しかしながら作動開始中に殆どまたは全く水素が燃料電池により消費されないもので、作動エダクター86は不十分な再循環を提供する。したがって本発明の陽極保湿システムは、第2のまたは「作動開始」エダクター88をさらに備えるのが好ましい。作動開始エダクター88は、駆動流量を提供しかつ陽極ループの循環と加湿を開始する電気モータ駆動作動開始ポンプ90により供給されるのが好ましい水または他の駆動流体の噴射により駆動される。燃料電池が水素燃料の消費を開始すると、タンク82からの高圧水素は作動エダクター86を通して吸引され始める。ついで両方のエダクター86、88は、作動状態に達するまで並列に作動する。そのような時点で作動開始エダクター88を遮断でき、ついで作動エダクター86が陽極ループの再循環を行う。作動開始中の水素の排気が爆発性水素の好ましくない蓄積を生じる恐れがあるので、作動開始中の陽極ループ内の酸素の再循環は好ましくない。

【0037】

スタックから排出された再循環される水素は、作動エダクター86においてタンク82からの新しい高圧水素と混合し、陽極貯留タンク92へ送出され、そこにおいて水素流に巻き込まれた液体水が収集される。また陽極貯留タンク92内のスタック冷却水の高い蒸気圧は、水素流の水分を緩衝するように機能する。陽極貯留タンク92には、過大な加圧から保護するように安全弁94が取り付けられ、かつ爆発状態をもたらす恐れがある陽極内の空気または不活性ガスの蓄積を無くすために、陽極回路を周期的にパージする定時コンピュータ制御パージ排気口96が取り付けられるのが好ましい。

【0038】

水素ループの常時再循環により、陰極側から燃料電池を通して漏れることがある空気は、陽極水素ループにおいて蓄積し爆発性雰囲気を生じることがある。したがって水素の一部を陽極ループからパージ排気口96を通して大気へ周期的に排気する必要がある。パージ排気口96を、燃料電池駆動車両が、排気された水素を安全に分散するに足る速度で走行しているときのように、安全な状態のときにだけ排気できるようにコンピュータ制御できる。

【0039】

水素燃料は、陽極貯留タンク92から燃料電池の陽極入口1.8へ流れる。燃料電池12で消費されない水素は、ついで陽極排出口20を通して排出され、上述のようにエダクター86、88を通して再循環される。燃料電池12の陽極へ供給される水素燃料の化学量論比率は、陽極排出導管20におけるダンパ98により制御される。標準作動状態の下で、タンク82からの新しい水素は、陽極排出導管20から再循環される水素とほぼ等しい比率でエダクターを通して導入される。

【0040】

陽極加湿の必要性（および結果として加湿装置の必要性）は、燃料電池からの水素の排出流の全エンタルピーを燃料電池への水素の入口流の全エンタルピーに等しく維持するように入口水素温度と化学量論比率を調整することにより無くすることができるのが分かっている。例えば下記の陽極の燃料状態の下で、排出水素のエンタルピーが流入水素のエンタルピーに等しいので、再循環される水素は、タンク82からの新しい水素と混合して所要の陽極入口状態を維持するに足る顕熱と潜熱を保持することが判明している。

再循環される陽極排出流	タンクからの新しい水素	陽極への混合物
0.081 lb/min	0.081 lb/min	0.161 lb/min
83.4°C db	25°C db	70°C db
100% RH	0% RH	100% RH
(113 gr/min 水)	(0 gr/min 水)	(113 gr/min 水)
Q = +2.6 kW	Q = -2.6 kW	Q = 0.0

10

これらの状態において、83.4°Cのジャケット温度で、かつ2.0 Stoichの化学量論比率（すなわち燃料電池が必要とする水素量の2倍の供給量）において、燃料電池の排出口から再循環される排出水素燃料は、新しい水素と燃料電池へ再循環される水素の流入混合物の所要の全エンタルピーにほぼ等しい全エンタルピーを有する。

【0041】

上記の作動パラメータは単なる例であること、および作動状態のどのような組み合わせでも、余分な陽極排出エネルギーの利用ができ、その利用はエダクターのポンプ送出能力と燃料電池12の許容作動温度範囲だけにより限定されることが分かる。陽極入口18への水素流の温度と化学量論比率を適切に調整することにより水分は、燃料電池内に凝縮することなく水素流中に保持される。これにより、陽極入口流へ水分を添加する必要性がなくなり、また燃料電池12内で凝縮した廃水を取り扱う必要性もなくなる。

20

【0042】

陽極燃料流が、冷却システム（以下に詳細に説明される）用の脱イオン水貯留タンクとしても機能する陽極貯留タンク92を通して再循環されるが、陽極燃料流と冷却水流の圧力は自動的に平衡になるように維持されるので、燃料電池内のこれらの2つのシステム間の圧力差による損傷の危険性が防止される。ついで陽極水素流圧力は、圧縮機34から送出される陰極空気流圧力に合致するように、減圧弁84とデジタル調節弁85のような調節手段によりコンピュータ制御されるのが好ましい。かくして全ての3つのシステムの圧力は平衡になるように維持されるので、燃料電池を損傷する危険性が減少する。

30

冷却水管理システム

普通水により燃料電池12が短絡することがあるので、燃料電池12を冷却するには脱イオン水が必要である。しかしながら脱イオン水は、腐食性が高く、その取り扱いにはステンレス鋼製装置を必要とする。ステンレス鋼は熱伝達が劣る導体であるので、燃料電池12から脱イオンされた冷却水により吸収された熱を周囲空気へ放出するステンレス鋼製放熱装置を設けるとすると、表面積の非常に大きいステンレス鋼製放熱装置を必要とすることになる。この大きい表面積により、燃料電池駆動車両の空力抵抗が高くなり、かつ放熱装置が非常に重くなり、しかも高価になる。

【0043】

さらに凍結防止剤は脱イオン水に添加できないので、必要な凍結防止を単純化するために燃料電池冷却システムに存在する脱イオン水の量を最小にするのが望ましい。

40

【0044】

本発明の冷却水管理システム130は、第3図により好ましい形態で概略示される。本発明の冷却水システム130は、脱イオン冷却水用のステンレス鋼製取り扱いシステムに固有の上記の問題を、「2段式」冷却水システムにより解決する。この2段式冷却水システムは、2つの閉ループ、すなわち脱イオン水ループ132および普通水/グリコールループ134から構成されるのが好ましい。

【0045】

ろう付けプレート熱交換装置136は、脱イオン水ループ132と普通水ループ134との間で2つのループを混ぜさせることなく水-水間の熱伝達を行う。ろう付けプレート

50

熱交換装置 136 は、陽極貯留タンク 92 と燃料電池 12 への脱イオン冷却水入口 140 との間にある脱イオン水ループ 132 の供給ライン 138 に設けられるのが好ましい。脱イオン冷却水は、脱イオン冷却水送出ライン 142 を通して燃料電池 12 から送出され、陽極貯留タンク 92 へ戻る。脱イオン冷却水ポンプ 144 は、脱イオン水ループ 132 を通して脱イオン冷却水を循環する。

【0046】

普通水ループ 134 は、ろう付けプレート熱交換装置 136 を通して循環し、脱イオン水ループ 132 から放出された熱を吸収する。普通水冷却ポンプ 148 は、普通水ループ 134 を通して、エチレングリコールのような凍結防止剤を含有できる普通冷却水を循環する。熱を周囲空気へ放出する放熱装置 150 を、普通水ループ 134 に設けるのが好ましい。

【0047】

ろう付け熱交換装置 136 は、脱イオンと普通冷却水が薄いステンレスプレート間に交互に設けられた層内を循環するように、薄いステンレスプレートの積み重ねた配列から構成されるのが好ましい。このようにして熱が、薄いステンレスプレートを通しての強制的な水-金属-水間の対流と伝導により脱イオン冷却水から普通冷却水へ伝達されるので、ステンレス鋼-空気式フィン型放熱装置を使用して得られるものよりもかなり大きい熱伝達率が得られる。

【0048】

普通水冷却ループ 134 において、一旦熱が普通冷却水/グリコール混合液へ伝達された後は、冷却水を取り扱いかつ水-空気間の伝熱を行う非ステンレス製の配管と装置を使用できる。例えば普通水冷却ループ 134 からの熱を周囲空気へ放出するために、アルミニウム製標準自動車用放熱装置 150 を利用できる。アルミニウムは、ステンレスよりも安価で軽量であり、またステンレスよりも空気に対してはるかに高い熱伝達率を有する。またアルミニウム製自動車用放熱装置は、市販されているので、高価な特製にする必要がなくなる。かくして本発明の冷却システムにより、小さい表面積で済む、より小形、軽量かつ安価な放熱装置を使用できるので、ステンレス-空気間の伝熱で可能なものよりも空力抵抗が小さい。2つの別個の冷却水ループ 132、134 が設けられ、燃料電池冷却に必要な脱イオン水の量が最小になるので、凍結の可能性が減少する。加えて好ましい形態において本発明は、凍結の可能性をさらに減少するために陽極貯留タンク 92 と他の脱イオン水取り扱い配管と装置とを断熱される箇所および/または加熱される箇所に統合することにより別個の冷却水ループのさらなる利点を得る。

【0049】

好ましい形態において脱イオン水ポンプ 144 および普通水冷却ポンプ 138 は、単一モータにより駆動される両端型ポンプを構成する。上述のように陽極水分保持に必要な所要のスタック出口温度を維持するために、脱イオン水ループ 132 または燃料電池冷却水ジャケットにサーモスタットを設けるのが好ましい。放熱装置 150 は、熱を周囲空気へ放出するのに役立つファンをさらに備えることができる。燃料電池駆動車両のキャビンを暖房する標準自動車キャビン用ファンコイルユニットも設けることができる。

【0050】

作動開始中に、燃料電池 12 から送出される脱イオン冷却水は、作動開始導管 146 を通して分岐され、また作動開始ポンプ 90 により作動開始エダクター 88 を通してポンプ送液されて、作動開始中に陽極再循環ができるように駆動流を供給する。

【0051】

本発明をその好ましい形態で開示してきたが、請求項に記載される本発明およびその同等事項の精神と範囲から逸脱することなく、多くの変更、追加および削除を実施できることは、技術に有能な者にとり明かである。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図 1】好ましい形態に従う本発明の燃料電池ガス管理システムを示す概略線図である。

10

20

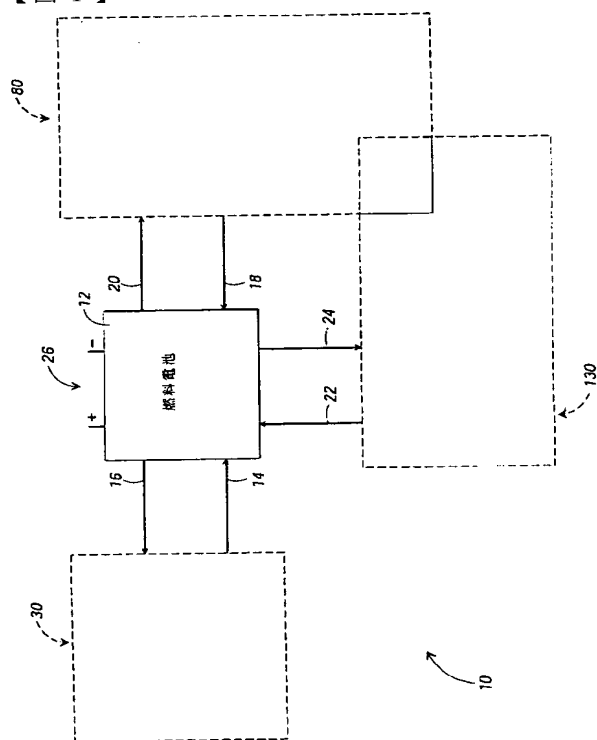
30

40

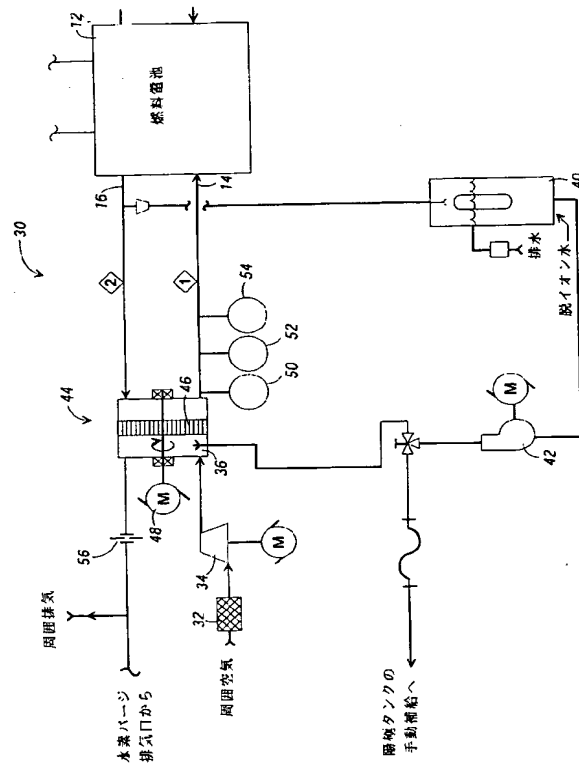
50

- 【図 2】 本発明の陰極加湿システムの好ましい形態を詳細に示す概略線図である。
- 【図 3】 本発明の陽極保湿システムおよび冷却水処理システムの好ましい形態を詳細に示す概略線図である。
- 【図 4】 第 1 図の陰極加湿システムを詳細に示す概略線図である。
- 【図 5】 第 2 図の陰極加湿システムの陰極加湿装置部分の好ましい形態を示す。

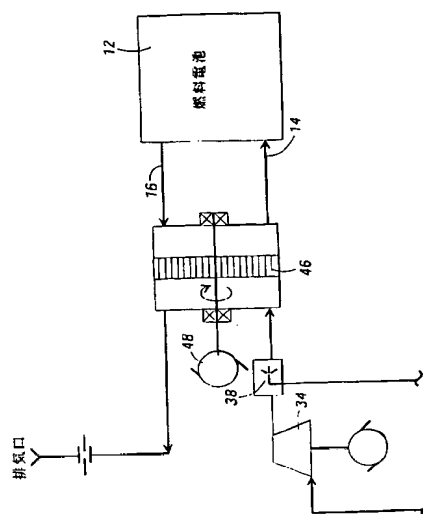
【図 1】



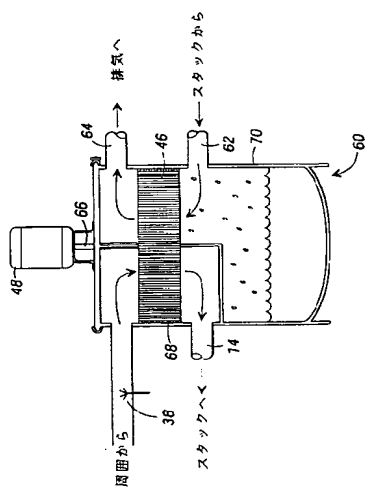
【図 2】



【图 4】



【图 5】



フロントページの続き

(72)発明者 デュボース、ロナルド、エー.

アメリカ合衆国 3 0 0 6 6 ジョージア州 マリエッタ ハイ ロック テラス 4 5 4 0

Fターム(参考) 5H026 AA06 CX05

5H027 AA06 BC19 CC06 MM02